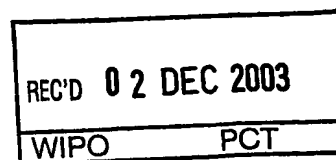


10/528522
Rec'd PCT/PTO 18 MAR 2005
PCT/CN03/00814

证 明



本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日： 2002 09 29

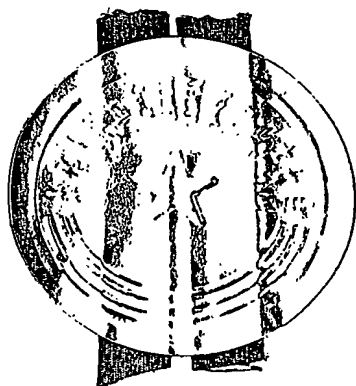
申 请 号： 02 1 29271.X

申 请 类 别： 发明

发明创造名称： 可分离介质表层与深层信息的光学检测方法

申 请 人： 天津市先石光学技术有限公司

发明人或设计人： 徐可欣； 邱庆军； 苏翼雄



**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

中华人民共和国
国家知识产权局局长

王景川

2003 年 10 月 8 日

BEST AVAILABLE COPY

权 利 要 求 书

1. 一种可分离介质表层与深层信息的光学检测方法, 由光源经过一个入射单元照射在被测样品组织上, 经过接收单元处理后, 由检测器完成检测; 其特征是: 测量系统可以实现介质表层与深层信息的分离; 而且光学测头和被测样品组织是非接触的。

2. 如权利要求 1 所述的一种可分离介质表层与深层信息的光学检测方法, 其特征是所述的入射单元和接收单元是采用偏振法; 在入射单元中, 光束首先由偏振片 (5) 进行起偏, 将非偏振光转换成线偏振光, 再经聚焦透镜 (6) 将线偏振光汇聚在样品表面上, 在接收单元中, 在接收光路中经样品深层的反射光以及样品表面的反射光都通过透镜 (7) 收集, 并通过检偏偏振片 (8), 汇聚在检测器 (9) 上; 为了接收样品深层信息, 将偏振片 (8) 旋转至与偏振片 (5) 正交, 此时由于经样品深层的后向反射光丧失了偏振特性, 可以到达检测器, 而样品表面的反射光具有保偏特性, 维持原有的偏振态, 因此无法通过偏振片, 这样就可以消除表面反射信息; 为了接收表面反射的信息, 旋转偏振片 (8) 使其和偏振片 (5) 平行, 此时接收到的光即包含表面反射信息又包含深层信息, 将此信息扣除在正交偏振状态下的深层信息, 即可获得表面反射信息。

3. 如权利要求 1 所述的一种可分离介质表层与深层信息的光学检测方法, 其特征是所述的入射单元和接收单元是采用挡光法;

为接收样品深层信息, 采用挡光板 (10) 垂直放置于被测样品之上, 尽量靠近被测样品, 但不接触, 入射光和接收光路分别处于挡光板的两侧, 反射光中经样品表面反射的部分都处于入射光的同一侧, 因此被挡光板阻断; 在接收单元中, 经样品深层的反射光绕过挡板, 在接收侧反射出来, 由汇聚透镜 (7) 收集, 汇聚到检测器 (9) 上; 检测器上收集到的光都来自于样品深层的反射光, 而消除了表面反射光的干扰;

为接收表面反射的信息采用挡光板 (39), 其中心开有极小的小孔, 将其覆盖在被测样品之上方, 尽量靠近被测样品, 但不接触; 入射光点穿过小孔, 经小孔出射的反射光基本不包含深层后向散射光, 而只含有表面反射光, 从而消除了样品深层后向散射光的干扰。

4. 如权利要求 1 所述的一种可分离介质表层与深层信息的光学检测方法,

6

其特征是所述的入射单元和接收单元是采用空间成像法；在入射单元中，入射光以会聚形式照射在样品表面上，因为反射效应是发生在光入射点处，在接收单元中，利用成像关系，将接收光路的成像点避开光入射点，再由光阑（11）对一些杂散光予以消除；检测器 9 上收集到的光都来自于样品深层的反射光，而表面反射光由于成像关系无法进入检测器，从而消除了表面反射光的干扰；当接收光路的成像点和入射光点重合，且经光阑（11）对一些杂散光予以消除后，接收到的基本是样品表面的反射光。

5. 如权利要求 5 所述的一种可分离介质表层与深层信息的光学检测方法，其特征是所述的入射单元和接收单元是采用空间成像法；利用该方法可以构成样品深层信息测量装置，其中入射光点和接收成像光点的距离应大于 1mm。
6. 如权利要求 1 所述的一种可分离介质表层与深层信息的光学检测方法，其特征是所述的入射单元和接收单元是采用布儒斯特角法；在入射单元中，光首先经偏振片（5）起偏，使入射光得到偏振态为平行于入射面，再经透镜（6）会聚后照射在样品上；对于单波长的测量光路布儒斯特角是固定的，入射角度设定为和布儒斯特角相等；而对于多波长的测量光路布儒斯特角随波长的变化而变化，因此将入射角度设定为最小布儒斯特角；在接收单元中，以会聚法接收后向散射光，会聚光路的成像点尽量避开入射光点。
7. 如权利要求 1 所述的可分离介质表层与深层信息的光学检测方法，其特征是利用偏振法、挡光法、空间成像法及布儒斯特角法的任意一种方法都可以构成样品浓度的测量装置，该测量装置不受样品表面反射的影响，样品和测量装置是非接触的。
8. 如权利要求 1 所述的可分离介质表层与深层信息的光学检测方法，其特征是利用偏振法、挡光法、空间成像法及布儒斯特角法的任意一种方法都可以构成人体内成分无创检测的测量装置，特别是无创血糖的测量方法及装置；测量装置不受被测部位表面反射的影响，测量部位和测量装置是非接触的。
9. 如权利要求 1 所述的可分离介质表层与深层信息的光学检测方法，其特征是利用偏振法、挡光法、空间成像法及布儒斯特角法的任意一种方法都可以构成样品测量的近红外分光光谱测量装置，其中采用分光器件实

现波长范围为 0.8~2.5 μm 内任意波段的光谱测量；也可以构成由单数或复数波长的激光二极管作光源的样品成分测量装置。

10. 如权利要求 1 所述的可分离介质表层与深层信息的光学检测方法，该方法特别适用于构建非接触测量装置，但也可以通过该方法实现接触式测量；如在挡光法中，挡光板可以和被测样品接触。

11. 如权利要求 1 所述的可分离介质表层与深层信息的光学检测方法，在实际应用中，可以采用表层信息与深层信息相结合的方法；如在偏振法中，起偏偏振片和检偏偏振片的偏振态平行时，所获得的信息含有深层和表层的全部信息，经计算可以获得表层信息。

说明书

可分离介质表层与深层信息的光学检测方法

技术领域

本发明涉及一种光学检测方法，特别涉及一种可分离介质表层与深层信息的光学检测方法。

背景技术

光学检测方法是目前应用最广的无损信息检测方法。当特定波长或波段的光入射到介质上，由于介质中成分、浓度以及颗粒大小等不同因素的影响，造成介质的吸收、散射特性的不同，经介质的透射光或反射光也因此携带不同的光学特性，通过分析这些特性就可以获得介质中成分、浓度及颗粒大小等信息。正是基于这样的原理，物质成分、浓度的光学测量已经得到广泛的应用。近年来，人体内成分的无创测量已成为人们最为关注的课题，特别是人体血糖浓度的无创测量，它的成功将会免去全世界数以亿计的糖尿病患者因有创测糖而带来的痛苦和不适。

以人体内成分无创光学检测方法为例，目前已有的介质信息检测方法可分为：透射法、扩散反射法、衰减全反射（ATR）法。透射法为光源和检测器分别在被检部位两侧，接收透过组织的光。美国专利 US Patent No.4,621,643(New Jr., et al., 1986)就是一个采用透射方法测量指尖脉搏和血氧饱和度的例子。很明显，透射法所接收到的是光所经过的路径上的所有信息。由于被测个体差异很大，即使相对于同一个体，时间差异也很严重，这就限制了透射对人体内微量成分的检测。扩散反射法为光源和检测器位于被检部位的同侧，接收光的信号来源于组织的后向散射光成分。扩散反射法的优点是发射和接收均处于被测介质同一侧，减小了个体差异和部位差异的影响。但是扩散反射法一般都采用接触式测量，以消除介质表面反射光的影响，如美国专利 US Patent No.5,028,787(Rosenthal R.D., et al., 1991) US Patent No.5,070,874(Barnes R.H., et al., 1991)，以及日本专利特许公开 8-27235(小足克衡,等, 1996)，PCT 专利 WO95/06431(Robinson M.R., 1995)等。但是，正因为测头和被测部位的接触，接触压力，以及接触时的热传导过程使被测部位的内部结构和成分分布产生变化，对测量结果产生很大的干扰。衰减全反射（ATR）法是利用全反射原理使样品和光束产生多次作用，以提高输出信号对作用成分的灵敏度。美国专利 US Patent No.4,169,676 (Kaiser N., 1979)首先利用 ATR 方法测量血液中的代

谢物成分。最近, Berman 等人(US Patent No. 6,430,424, 2002)发明了一种利用 ATR 原理实现人体血糖浓度的无创检测方法。但是 ATR 方法测量的只是介质表层的信息, 而且需要接触测量。

综上所述, 非接触测量是介质信息无创检测方法中最理想的方法。然而非接触测量带来的最大问题是如何分离介质的表层信息与深层信息。也就是说, 要实现介质深层信息的检测就必须消除表层信息的影响。否则, 表层信息与深层信息一同汇聚到接收端, 将大大影响测量结果的准确性。同样, 要实现介质深层信息的检测就必须消除表层信息的影响。如检测皮肤表面的粗糙度时, 就必须消除深层组织的影响。

发明内容

本发明需要解决的技术问题是可分离介质表层与深层信息的光学检测方法。提出了几种分离介质表层与深层信息的检测方法, 为实现非接触测量奠定了基础。

当一束光线从空气入射到被测介质(以皮肤为例)上, 其反射光中包含两种成分, 见图 1。一种为镜面反射成分。研究表明(Anderson R.R., "The optics of human skin," J. Invest. Dermatol., 77:13-19, 1981, 由于皮肤与空气的折射率差别很大, 因此, 有将近 4%~7% 的入射光在二者交界处发生反射。这部分反射光符合菲涅耳公式, 与光的入射角度, 偏振态和组织的相对折射率相关。当入射光为偏振光时, 该部分反射光的偏振态与入射光的偏振态相同。且当光矢量平行于入射面的偏振光以布儒斯特角(梁铨廷,《物理光学》, 北京: 机械工业出版社, 1980)入射时, 基本不存在该部分反射光。通过对镜面反射光成分进行分析, 就可以得到皮肤表层组织的特性。另一种成分为后向散射光成分。当光照射在皮肤上时, 有 93%~96% 的入射光进入了组织。在组织内经过多次散射和吸收, 因散射作用, 其中部分光会以后向散射光形式重新逸出皮肤, 成为反射光的一部分。实验证明, 偏振光在混浊介质中传输, 由于经多次散射事件, 会丧失其偏振态。后向散射光成分在组织的传输过程中, 经历了多次散射事件, 因此, 当偏振光入射时, 其后向散射光成分为非偏振光。由于这部分光与深层组织发生了相互作用, 携带了丰富的深层组织信息。通常, 这部分信息是无创检测所关注的重点。

根据以上原理, 我们发明了可分离介质表层与深层信息的光学检测方法, 具体技术是这样实现的:

如图 2 所示, 由光源 1 经过一个入射单元 2 照射在被测样品组织 40 上,

经过接收单元 3 处理后，由检测器 4 完成检测。

在这里需要强调的是，光照射在被测样品组织 40 上，可以经过一个测头，但测头不是直接接触被测样品组织，而是非接触方法。通过调整入射单元和接收单元的参数可以实现表层与深层信息的分离。

在本发明中，入射单元和接收单元可以根据不同的方法进行设计，下面分别描述：

1. 偏振法

实验表明，当偏振光照射在皮肤表面时，表面的镜面反射光成分仍为偏振光，进入深层组织，经多次散射而重新逸出表面的后向散射光，由于经过了多次散射事件，丧失了其偏振态。

据此原理，利用如图 3 所示装置即可实现表层与深层信息的分离。在入射单元中，光束首先由偏振片 5 进行起偏，将非偏振光转换成线偏振光，再经聚焦透镜 6 将线偏振光汇聚在被测部位皮肤表面上，在接收单元中，在接收光路中经深层组织的反射光以及皮肤表面的反射光都通过透镜 7 收集，并通过检偏偏振片 8，汇聚在检测器 9 上。为了接收深层组织的信息，将偏振片 8 旋转至与偏振片 5 正交，此时由于经深层组织的后向反射光丧失了偏振特性，可以到达检测器，而皮肤表面的反射光具有保偏特性，维持原有的偏振态，因此无法通过偏振片 8，这样就可以消除表面反射信息。

为了接收表面反射的信息，旋转偏振片 8 使其和偏振片 5 平行。此时接收到的光是表面反射信息和深层信息的结合。由于，深层信息已经由正交偏振态下获得，在平行偏振态下的反射信息中扣除正交偏振状态下的深层信息，即可获得表面反射信息。

2. 挡光法

由于镜面反射光符合菲涅耳定理，尽管皮肤表面为粗糙表面，其表面反射光为若干微小镜面反射光组成，发生反射处为光在皮肤上的入射点处。而后向散射光，在组织内多次散射，路径为任意，因此，部分后向散射光出射处与入射点有一定的距离。于是，我们采用挡光的方法来分离表面反射光和经深层组织的后向散射光。

为了接收深层组织的信息，必须消除表面反射光的影响，于是采用图 4(a) 的原理。在入射单元中，采用挡光板 10，挡光板采用不透光的薄板，将其垂直放置于被测部位之上，尽量靠近被测部位，但不接触。入射光和接收光路分别处于挡光板的两侧，反射光中经组织表面反射的部分都处于入射光的同

11
一侧，因此被挡光板阻断。在接收单元中，经深层组织的反射光绕过挡板，在接收侧反射出来，由汇聚透镜 7 收集。汇聚到检测器 9 上。因此，检测器上收集到的光都来自于深层组织的反射光，而消除了表面反射光的干扰。

为了接收表面反射的信息，必须消除深层组织后向散射光的影响，于是采用图 4(b)的原理。在入射单元中，采用挡光板 39，挡光板采用不透光的薄板，其中心开有极小的小孔，将其覆盖在被测部位之上方，尽量靠近被测部位，但不接触。入射光点穿过小孔，经小孔出射的反射光基本不包含深层组织的后向散射光，而只含有表面反射光，从而消除了深层组织的后向散射光的干扰。

3. 空间成像法

空间成像是利用几何光学的方法实现表层组织反射光和深层组织反射光的分离。

如图 5(a)，在入射单元中，入射光以会聚形式照射在皮肤表面上，因为反射效应是发生在光入射点处，在接收单元中，利用成像关系，将接收光路的成像点避开光入射点，其距离应大于 1mm。再由光阑 11 对一些杂散光予以消除。因此，检测器 9 上收集到的光都来自于深层组织的反射光，而表面反射光由于成像关系无法进入检测器，从而消除了表面反射光的干扰。同样，如图 5(b)，当接收光路的成像点和入射光点尽量重合，其距离应小于 1mm。且经光阑 11 对一些杂散光予以消除后，接收到的基本是表层组织的反射光。

4. 布儒斯特角法

根据布儒斯特定律，当入射角为布儒斯特角时，偏振态平行于入射面的光，其反射光基本为零。因此，如果入射光的偏振态为平行于入射面，并以布儒斯特角 θ_B 入射，则表面反射光基本为零，从而消除了表面反射光，实现了表层组织反射光和深层组织反射光的分离。

如图 6 所示，在入射单元中，光首先经偏振片 5 起偏，使入射光得到偏振态为平行于入射面，再经透镜 6 会聚后照射在皮肤上，其入射角度约为皮肤表面的布儒斯特角。在接收单元中，以会聚法接收后向散射光，会聚光路的成像点尽量避开入射光点。在此，要特别说明的是布儒斯特角和入射光的波长有关，对于单波长的测量光路布儒斯特角是固定的，入射角度设定为和布儒斯特角相等；而对于多波长的测量光路布儒斯特角随波长的变化而变化，因此将入射角度设定为最小布儒斯特角。

附图说明

12

- 图 1 : 皮肤反射光中的两种成分;
图 2 : 可分离介质表层与深层信息的光学检测方法原理框图;
图 3 : 偏振法原理图;
图 4(a) : 用挡光板消除组织表面反射光示意图;
图 4(b) : 用挡光板消除经深层组织的反射光示意图;
图 5(a) : 用空间成像法消除组织表面反射光示意图;
图 5(b) : 用空间成像法消除经深层组织的反射光示意图;
图 6: 布儒斯特角法原理图;
图 7 : 实施例 1 实验装置图;
图 8 : 平行入射偏振光在不同入射角下表层与深层组织反射光的能量变化;
图 9 : 偏振法光谱测量实验装置;
图 10 : 偏振法测量皮肤的后向散射光光谱图;
图 11 : 挡光法光谱测量实验装置;
图 12 : 空间成像法光谱测量实验装置;
图 13 : 空间成像法测量皮肤的后向散射光光谱。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细说明:

实施例 1:

本实验针对上述可分离介质表层与深层信息的光学检测方法的原理, 设计一个完整的验证实验方法。该实验以新鲜猪皮为实验样品, 利用挡光法, 将反射光中的镜面反射光成分与后向散射光成分分开进行研究, 实验证明了以线偏振光为光源时, 其镜面反射成分保持原有偏振态, 而进入组织经过多次散射事件的后向散射光会丧失其偏振态, 变成非偏振光, 从而验证了偏振法的实现原理。此外, 该实验还验证了挡光法和布儒斯特角法的实现原理。

实验装置如图 7 所示: 以 632.8nm 的 HeNe 激光器 12 (型号:1101P, UNIPHASE INC.) 为光源, 输出功率 4mW, 其输出光为线偏振光, 偏振度为 0.995。在透镜 13 和透镜 15 之间设置有光阑 14, 用于消除激光器带来的杂散光。光经过透镜 13 和 15 聚焦于样品, 反射光经透镜 16 采集后用 NEWPORT 公司的光功率计 19 (型号: 835) 接收, 探头 18 的型号为 818, 响应频段 385~1100nm。在探头前以偏振片 17 为检偏器, 检测反射光的偏振态。其中样品架可以按照自身的中心轴进行旋转, 以便调整入射光的入射角度。接收架包括透镜 16、偏振片 17 和检测探头 18 固定在以样品架为中心, 以接收部分能够在的圆形轨道上, 以便调整接收角度。

实验采用猪的腹部的新鲜皮肤作为样品, 将其制为 40×40mm 厚度为

13

10mm 的样品块。

(1) 偏振法和挡光法验证实验

偏振度是用于定量分析光束中偏振成分和非偏振成分的一个参数。一般定义为

$$P_L = \left| \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \right| \quad (1)$$

偏振度 P_L 的范围在 0 到 1 之间，当 $P_L=1$ 光束为完全偏振光；当 $P_L=0$ ，光束为非偏振光；在其他情况，光束为部分偏振光。

我们以挡光方法研究表面反射光和深层组织的后向散射光的偏振特性。研究镜面反射成分时，挡光方法采用图 4(b)，挡光片 39 的设计参数为：厚度 0.2mm，中心孔 1.5mm。研究后向散射成分时，挡光方法采用图 4(a)，在样品表面放置挡光板 10，使镜面反射光无法进入检测器。

以 30° 入射，无挡光板情况下，在镜面反射处接收，旋转偏振片 17，测出此时的 I_{\max} 和 I_{\min} 。换上挡光板 39，挡光板 10，分别测量镜面反射光成分和后向散射光成分的 I_{\max} 和 I_{\min} ，数据见表 1。

表 1 偏振度检测实验结果

	全部反射光	镜面反射光	后向散射光
I_{\max}	1.66	1.50	0.045
I_{\min}	0.53	0.07	0.042
P_L	0.52	0.91	0.03

实验发现，当偏振片 17 的偏振态平行于入射光偏振态时，能量最大。当偏振片 17 偏振态垂直入射光偏振态时，能量最小。

从表中表明，放上挡光板 10 后，所接收到的光为后向散射光，其偏振度基本上为零，由此证明偏振光进入组织后，经过多次散射后基本丧失其偏振态。

同时，当不用任何挡光板时，光功率计所接收到的光为部分偏振光，偏振度 P_L 为 0.52，加上挡光板 39，即遮住深层组织的后向散射光后，其光束的偏振度提高了 75%，为 0.91。考虑挡光板 39 的厚度及小孔的直径大小，不可能完全消除深层组织完全失偏的后向散射光对偏振度的影响，因此，基本上可以认为表面反射光是线偏振光，而且其偏振态与入射光的偏振态平行。这就验证了利用偏振法分离表面反射光和深层组织反射光是切实可行的。

另外，从消除表面反射光的挡光实验中，该实验中采用的是挡光板 10，

14

接收光的偏振度基本上为零 ($P_L=0.03$), 表明利用挡光法消除表面反射光的可行性。同样为了消除深层组织反射光, 采用挡光板 39, 接收光的偏振度为 0.91, 这也验证了利用挡光法消除深层反射光的可行性。因此, 该实验验证了利用挡光法分离表面反射光和深层组织反射光的可行性。

(2) 布儒斯特角法的验证实验

本实验主要研究布儒斯特角对反射光中表面反射成分和深层反射成分的影响。在图 7 的实验装置中, 以偏振态平行于入射面的偏振光入射入射角变动范围为 $20^\circ \sim 74^\circ$, 测量间隔为 2° , 旋转偏振片 17 分别记录不同入射角下的最大出射能量 I_{\max} 和最小出射能量 I_{\min} 。根据前述原理, 表面反射光能量 I_R 为:

$$I_R = I_{\max} - I_{\min} \quad (2)$$

本验证实验采用同时旋转样品架和接收架, 从而调整入射角度和接收角度, 使接收角度和镜面反射角基本保持一致。图 8 为实验结果, 从理论分析和实验结果同时可以看出: 尽管皮肤是复杂表面, 但其表面反射光成分是符合菲涅尔公式, 当光矢量平行于入射面的偏振光入射样品表面时, 同样存在布儒斯特角, 约为 56° , 此时表面反射光成分基本为零。而经深层组织的后向散射光基本不受布儒斯特角的影响。因此该实验验证了采用布儒斯特角法分离表面反射光和深层组织反射光的可行性。

下面针对不同的表层与深层信息分离原理构建了几种用于人体内成分检测的非接触测量装置, 特别是人体内血糖的无创测量装置。这些装置使用近红外分光光谱法, 近红外使用波段为 $0.8 \sim 2.5 \mu\text{m}$, 其中包含水的吸收峰 6900 cm^{-1} , 糖的合频吸收谱带 $4710, 4400, 4300 \text{ cm}^{-1}$, 糖的一级倍频吸收谱带 $6200, 5920, 5775 \text{ cm}^{-1}$, 糖的二级倍频吸收谱带 $960 \sim 1200 \text{ cm}^{-1}$ 。

实施例 2: 偏振法实施例

该实施例采用偏振法消除组织表面反射光, 实现了人体内成分非接触光谱测量, 特别是人体血糖的无创测量。测量装置如图 9, 实验对象为一志愿者的手掌, 光谱测量由 FT 光谱仪 20 (Spectrum GX FTIR spectrometer, Perkin-Elmer Inc.) 完成, 采用 250W 溴钨灯作外部光源 32, 经透镜 33 输入到 FT 中, 再经 FT 分光后透射到反射镜 21 上, 再经会聚透镜 22 耦合到近红外导光光纤 23 中, 从该光纤输出的光经透镜 24 和偏振片 34 会聚到被测部位手掌 41 上。反射光由透镜 27、偏振片 35 和 28 耦合到导光光纤 30 中, 再由透镜 31 会聚到 FT 的检测器上。其中 25 和 29 为可旋转调整架, 用于调整入射和接收角度。偏振片 34 将入射光转换成线偏振光, 偏振态平行于入射面。在接收端使用偏振片 35, 其偏振态为垂直于入射面, 以消除表面反射光。

使用该测量装置对手掌 41 进行光谱测量，测量时入射角度为 45 度。其光谱如图 10，从谱图上可以看出，在 6900cm^{-1} 波数上能量为接近于零。这是因为水在此处有较强的吸收峰。来自深层组织的反射光由于水的吸收，在光谱上表现为能量几乎为零。因此可以说明所接收到的光也均为来自深层组织的后向散射光。从而实现了表面反射光和深层反射光的分离。

实施例 3：挡光法实施例

该实施例采用挡光法消除组织表面反射光，实现了人体内成分非接触光谱测量，特别是人体血糖的无创测量。测量装置如图 11，系统采用 AOTF 作分光器件 42。系统光源 32 采用 250W 卤钨灯，经透镜 33 入射到 AOTF 晶体上，AOTF 晶体受计算机 38 控制的射频驱动模块 37 驱动，对输入光实现分光扫描。分光后的光经会聚透镜 22 耦合到导光光纤 23 中，再经透镜 24 会聚到被测部位(手掌 41)上。挡光片 26 消除了表面反射光，经组织内部的反射光由透镜 27 和 28 耦合到导光光纤 30，再由透镜 31 会聚到近红外光电检测器 35 上。最后由 A/D 转换器 36 采样到计算机 38 中。其中近红外光电检测器可以采用 InGaAs 检测器或者 PbS 检测器。旋转调整架 25 和 29，用于调整入射角度和接收角度。

使用该测量装置对同一志愿者的手掌的同一部位进行光谱测量。其光谱和图 10 类似，因此可以说明所接收绝大部分来自于来自深层组织的后向散射光。从而实现了表面反射光和深层反射光的分离。

实施例 4：空间成像法实施例

该实施例采用空间成像法消除组织表面反射光，实现了人体内成分非接触光谱测量，特别是人体血糖的无创测量。测量装置如图 12，其核心部件也是 FT 光谱仪。与偏振法不同是，测量装置中取消了偏振片，且在接收单元为了消除杂散光的干扰，使用了一个光阑 44。使用空间成像法消除表面反射光时，必须满足入射点与接收成像点之间的距离大于 1mm。

使用该测量装置对手掌 41 进行光谱测量，测量时入射角度为 45 度。其光谱如图 13，从谱图上可以看出所接收到的光均为来自深层组织的后向散射光。从而实现了表面反射光和深层反射光的分离。

实施例 5：布儒斯特角法实施例

该实施例采用布儒斯特角法消除组织表面反射光，实现了人体内成分非接触光谱测量，特别是人体血糖的无创测量。布儒斯特角法测量装置和偏振法测量装置基本类似，只是接收端不再需要偏振片。由于布儒斯特角是光波波

15
长的函数，因此该测量装置中应调整入射角度略小于 56 度，以满足所有波长都能最大限度的接近布儒斯特角。

使用该测量装置对同一志愿者的手掌的同一部位进行光谱测量。其光谱和图 13 类似，因此可以说明所接收绝大部分来自于来自深层组织的后向散射光。从而实现了表面反射光和深层反射光的分离。

说明书附图

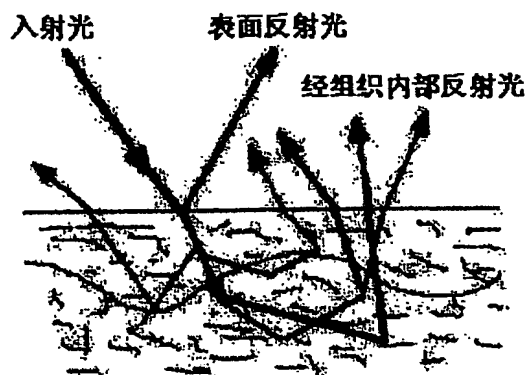


图 1

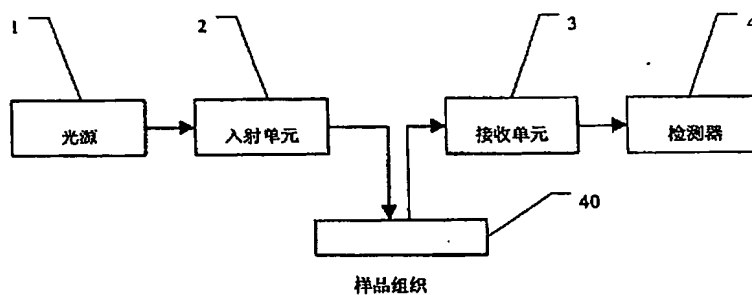


图 2

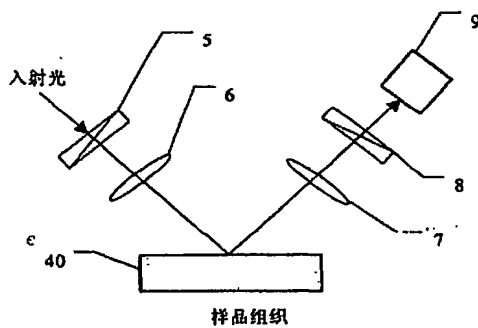


图 3

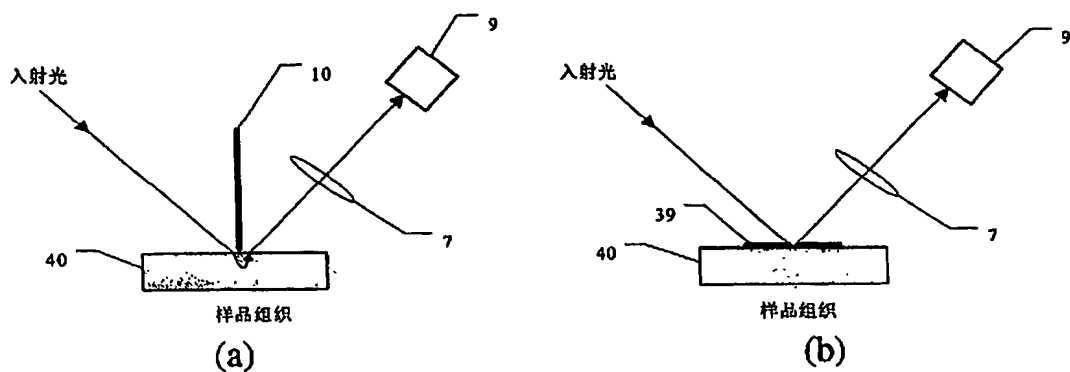


图 4

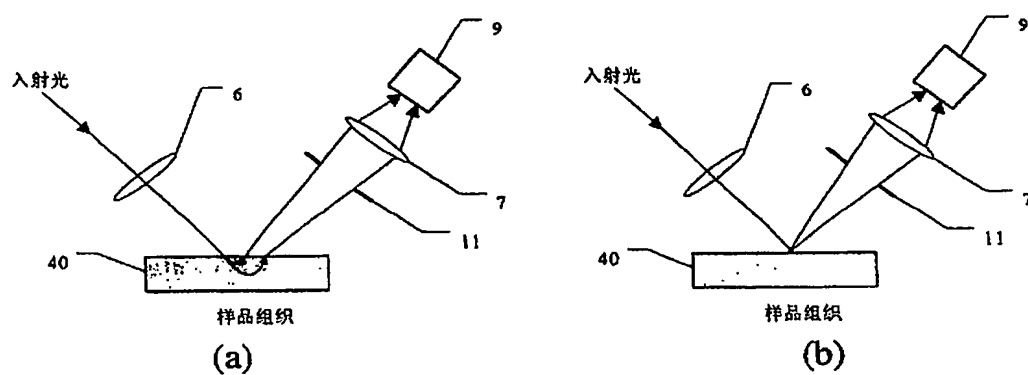


图 5

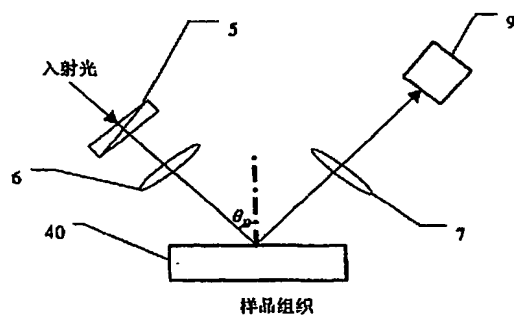


图 6

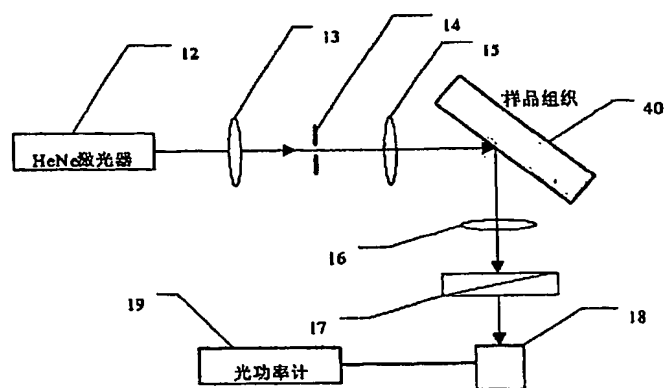


图 7

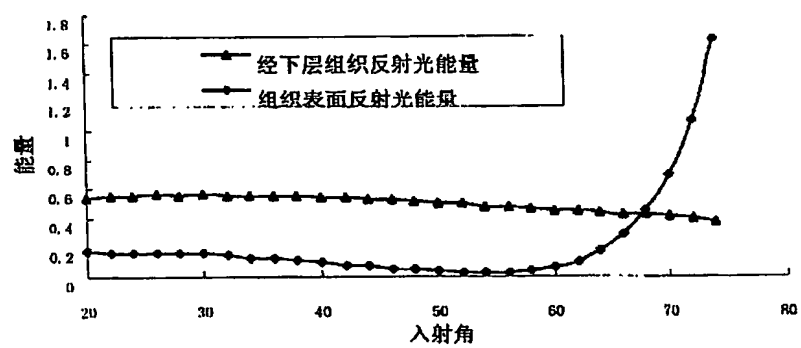


图 8

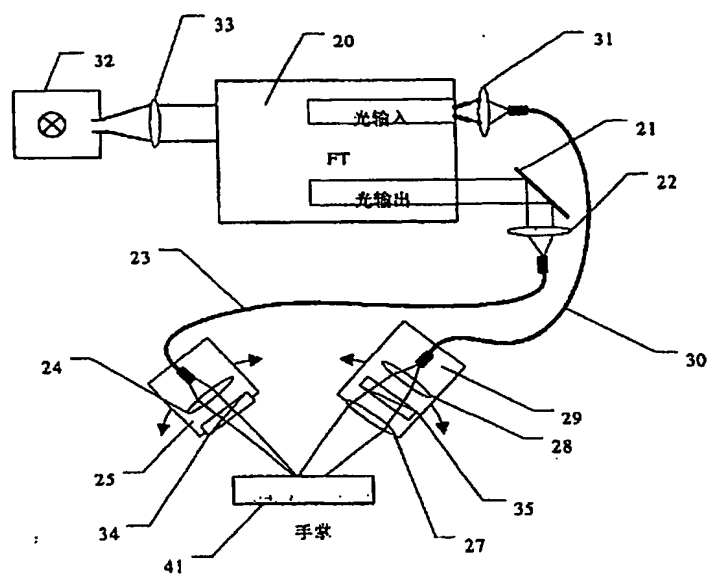


图 9

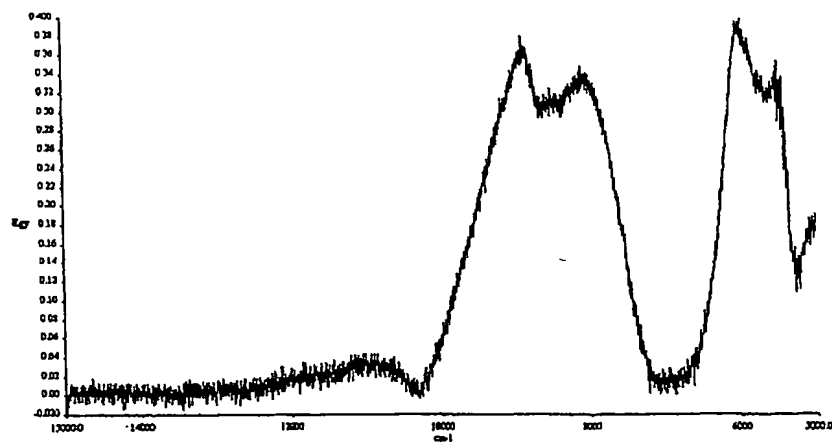


图 10

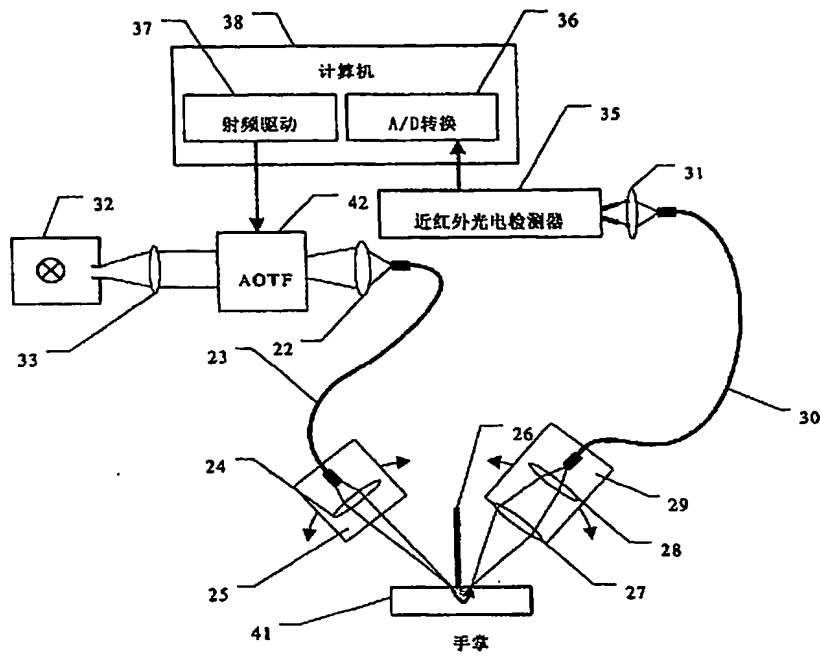


图 11

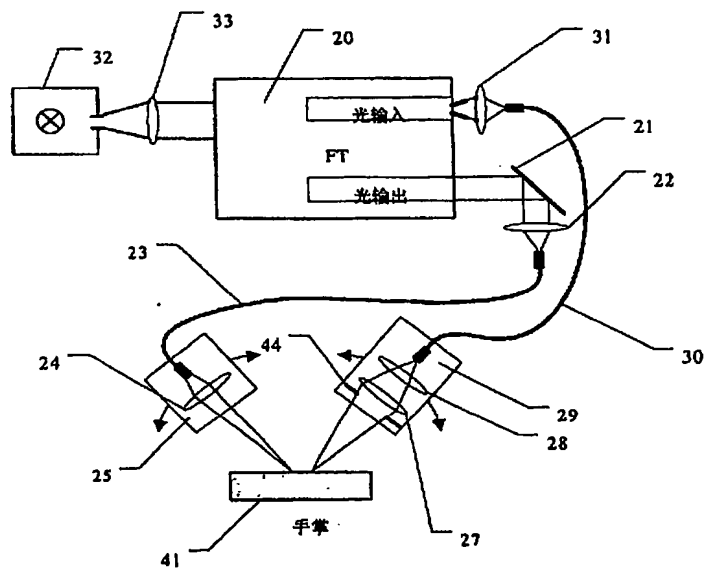


图 12

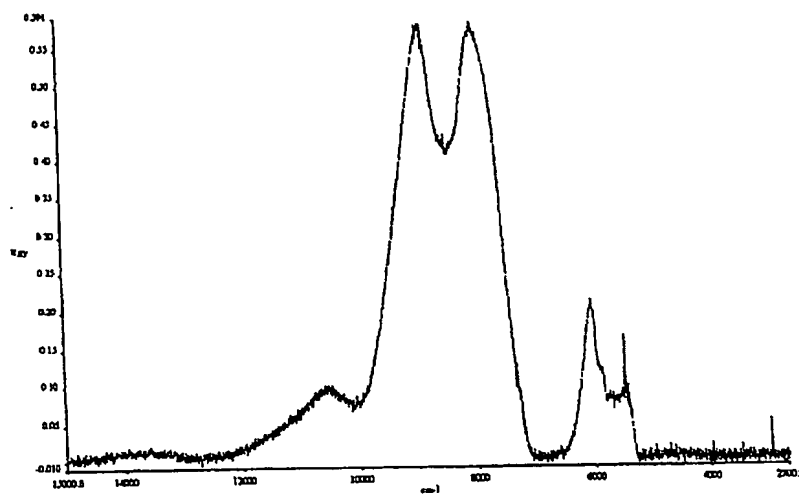


图 13

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.